

**ГЕЙН А.Г.,**  
**д.пен.н., профессор Уральского федерального**  
**университета им. первого Президента РФ Б.Н. Ельцина;**  
**НЕКРАСОВ В.П.,**  
**к.т.н., с.н.с., профессор Уральского института**  
**экономики, управления и права,**  
**г. Екатеринбург**

## **О ФОРМИРОВАНИИ И ДИАГНОСТИКЕ КОГНИТИВНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ СТУДЕНТОВ ВУЗА**

В своих фундаментальных работах Ж. Пиаже указал две основные операции, формирование которых определяет когнитивный процесс у детей дошкольного и младшего школьного возраста, – это классификация и сериация. Л.С. Выготский в своих трудах показал, как должно быть построено обучение, чтобы данный процесс был управляемым и шел эффективнее. Позже человек осваивает более сложные когнитивные операции, такие как обобщение, абстрагирование, анализ и синтез. Ясно, что все они относятся к метапредметным умениям. Основанная на положениях, выдвинутых Ж. Пиаже и Л.С. Выготским и позже развёрнутая в педагогическом направлении различными их последователями, эта теория, естественно, не может непосредственно экстраполироваться на вузовское образование. Обусловлено это, на наш взгляд, тем, что в вузовском образовании студентами должны осваиваться более сложные когнитивные структуры. Именно такие структуры могли бы стать фундаментом для модели формирования метапредметных знаний и умений в компетентностной парадигме вузовского образования.

Чтобы построить педагогическую модель развития метапредметных знаний и умений, необходимо охарактеризовать фигурирующие в ней структуры как категорию. Мы определили их как категорию *понятийных связей*, т.е. то, что может быть выражено как *инвариант* в различных понятиях, подходах, методах решений и т.п. Напомним, что инвариант – это такое абстрактное понятие, которое описывает характеристики, неизменяемые при выполнении той или иной

группы действий. В нашем случае речь идёт об универсальных логических действиях, осуществляемых человеком в когнитивном процессе. Поэтому нами для таких инвариантов выбрано название *метакогнитивные инварианты* (данный термин введен нами в работе [3]). Это перекликается с основной идеей Ж. Пиаже, однако носит более общий характер, поскольку относится не к конкретным проявлениям умственных действий - классификации и сериации, - а к более общим логическим универсальным действиям.

В [1] суммированы наши первоначальные исследования понятийных связей и приведена их классификация. Эти связи являются проявлением соответствующих метакогнитивных инвариантов. К ним относятся: изоморфизм, понятийное включение, языковое представление, наследование, гомоморфизм, топологические узлы (источник и сток), вариативность представления понятий. На их основе предложим следующие рекомендации по построению инновационной модели учебного курса.

1. Создание инновационного курса - это совместная работа предметного преподавателя-методиста и разработчиков инновационной модели. Ведущую роль здесь играет предметник, а разработчики выступают в виде консультантов.

2. Для построения инновационной модели учебного курса требуется:

2.1. Определить логическую структуру курса и представить её в форме ярусно-параллельной схемы: последовательность введения понятий и их зависимость от ранее введённых (в качестве основы может выступать развернутый тематический план курса).

2.2. Определить типовые вопросы и задачи, которые должен научиться решать студент на основе получаемых знаний.

2.3. Выделить понятийные блоки, обладающие изоморфизмом и допускающие гомоморфизм.

2.4. Для каждой темы курса создать её оптимальное языковое представление: текст, рисунок, таблица, граф и др. В ряде случаев важен сам процесс получения оптимального представления – он может входить в метод решения задачи.

2.5. Выделить в курсе структуру наследования понятий.

2.6. В методах решения вопросов и задач, изучаемых в данном курсе, вы-

делить топологические узлы: источник и сток.

3. Заключительным этапом является построение программы курса и такой методики, при которой концептуально связанными и воспринимаемыми как части единого целого оказываются даже те фрагменты курса, которые обычно воспринимаются студентами как далекие друг от друга. Это позволяет студентам воспринимать материал целостно, а не «мозаично». Преподавателю это позволяет более многогранно воспринять преподаваемую им дисциплину.

Примеры реализации этого подхода представлены, в частности, в [2]. Однако вопросы диагностики уровня сформированности компетенций остаются далекими от эффективного решения даже на общетеоретическом уровне. В лучшем случае диагностический инструментариум описывается в качественных категориях. На наш взгляд, в качестве диагностического инструментария для определения уровня сформированности метакогнитивных компетенций целесообразно использовать технологию обучающих тестов, разработанную Н. А. Сеногноевой [4]. Данная технология широко апробирована, прежде всего, в преподавании математических дисциплин, в том числе для формирования когнитивной компетентности. Для нас же важен значительный диагностический потенциал обучающих тестов, на который, по нашему мнению, пока не было обращено должного внимания.

Суть технологии обучающих тестов состоит в том, что в отличие от обычного теста, где студенту предлагают выбрать ответ или просто записать то, что у него получилось (после чего преподаватель может только строить гипотезы, почему у учащегося получился такой ответ), в обучающих тестах студенту на каждом шаге предлагается выбрать одно действие из нескольких предлагаемых альтернатив. Каждый раз действие оценивается как продуктивное, т.е. ведущее к решению поставленной задачи, или как тупиковое. В итоге из этих шагов складывается решение, т.е. явным результатом для студента всегда является решенная задача. Отметим, что это немаловажно психологически, поскольку студент в результате своей деятельности всегда приходит к решению поставленной задачи. Принципиальной характеристикой обучающего теста является наличие разных путей решения одной и той же задачи. Эти пути могут быть разной длины в зависимости от выбора теоретического знания, которое студент

будет использовать для решения задачи, от степени свернутости его знаний и умений и т.д. Важно, что выбор студентом действия на том или ином шаге выполнения обучающего теста является проекцией соответствующего метакогнитивного инварианта, и, значит, прослеживая выбранную учащимся траекторию решения задачи, можно диагностировать, какие метакогнитивные компетенции уже освоены студентами, а какие нет. Мы можем зафиксировать, насколько хорошо студент умеет отбирать информацию и отделять в ней существенное от несущественного, преобразовывать в знаково-символическую форму и оперировать с ней в таком виде, в какой мере его мыслительные действия свернуты или, наоборот, требуют пошаговой развернутости и т. д.

Принципиальным развитием технологии обучающих тестов в нашей работе является включение пунктов, позволяющих студентам осуществить рефлекссию выполненных ими действий. Дело в том, что формирование компетентности не может быть полноценным, если у студента выполняемая им деятельность не оторефлексирована как общезначимая, т. е. применимая в различных исходных ситуациях.

Чтобы продемонстрировать данный подход, приведем конкретный пример использования технологии обучающих тестов на практическом занятии по математическому анализу для диагностики сформированности когнитивных компетенций с применением метакогнитивных инвариантов. В данном примере основным объектом диагностики является метакогнитивный инвариант, который представляет собой узел-сток, т. е. предлагается задача, которая может быть решена различными методами.

Тема обучающего теста: «Нахождение предела последовательности». Занятие проводится с использованием компьютера, поэтому тестовые задания, варианты ответа и диагностика сделанного учеником выбора осуществляются интерактивно. В данном тексте для описания порядка предъявления заданий со всеми альтернативами и диагностиками мы пользуемся следующими приёмами. Студенту последовательно на экране компьютера предъявляются пункты с заданиями (они пронумерованы числами от 1 до 18 – таково общее количество заданий в данном тесте) и ответы к каждому заданию (в данной статье для удобства они маркированы буквами русского алфавита; студенту маркировка

не предъявляется). После выбора ответа студенту предъявляется диагностика и указание дальнейших действий (диагностика ответа здесь маркирована сочетанием буквы Д и порядкового номера; студенту предъявляется ровно одна из этих диагностик, соответствующая его ответу без маркировки).

Ниже приведен начальный фрагмент данного теста с соответствующими комментариями (комментарии студенту не предъявляются).

Задача. Дана последовательность  $x_n = \sqrt{3 - \sqrt{3 + \sqrt{3 - \dots}}}$ , где стоящее в правой части выражение содержит  $n$  знаков квадратного корня. Выяснить, существует ли предел этой последовательности при  $n \rightarrow \infty$  и, если существует, то найти его.

Инструкция. Для решения задачи выполните пункты в заданной последовательности, начиная с п. 1 и выбирая в каждом из них один из предлагаемых в нем ответов.

Комментарий. Перед тем, как студенту предлагается данный тест, на практических занятиях были отработаны методы доказательства существования предела последовательности по определению, с помощью критерия Коши и с использованием теоремы Вейерштрасса о монотонной ограниченной последовательности. Последнее осуществлялось на примере нахождения предела последовательности  $x_n = \sqrt{2 + \sqrt{2 + \dots + \sqrt{2}}}$ . Решение данной задачи может быть осуществлено любым из трёх методов, умение студента выбирать из них с последующей рефлексией своего выбора и создает платформу для оценки уровня освоения данного метакогнитивного инварианта.

1. Для доказательства существования предела Вы воспользуетесь

А. Определением предела последовательности	→	Переходите к Д1
Б. Критерием Коши	→	Переходите к Д2
В. Теоремой Вейерштрасса.	→	Переходите к Д3

Д1. Такой путь возможен. Вспомните определение, запишите его в тетрадь и переходите к следующему пункту (п. 2).

Д2. Такой путь возможен. Вспомните формулировку критерия Коши, запишите его в тетрадь и переходите к следующему пункту (п. 9).

Д3. Такой путь возможен. Вспомните формулировку теоремы запишите его в тетрадь и переходите к следующему пункту (п. 14).

Диагностический комментарий. Если студент выбирает пункт А, то это свидетельствует о том, что он, скорее всего, не знает или испытывает неуверенность в применении средств, указанных в вариантах Б и В.

Если студент в качестве ответа выбирает пункт Б, то весьма велика вероятность, что у него пока нет осознанного плана решения задачи, он просто ориентируется на то, что этот критерий универсален (т. е. годится для любых, а не только монотонных последовательностей) и не требует знания величины самого предела. Эта предположение уточнится при прохождении студентом пункта 2. Но даже в том случае, если плана решения задачи у него нет, выбор этого пункта свидетельствует о позитивном процессе формирования таких когнитивных компетенций как поиск и ориентация на существенные особенности задачи; анализ объектов с целью выделения признаков; выбор эффективных способов решения задач в зависимости от конкретных условий.

Если студент выбирает в качестве ответа пункт В, то, хотя такой выбор может привести к решению задачи, весьма вероятно, что этот выбор был сделан по внешней аналогии с ранее решавшейся задачей без анализа применимости данной теоремы. Путь, который в конце концов приведет студента к решению, потребует дополнительных идейных инструментов.

2. Определением того, что некоторое число  $a$  будет пределом последовательности  $x_n$ , является следующее высказывание:

А. Для любого $\varepsilon$ существует такой номер $N$ , что при всех $n > N$ выполнено неравенство $ x_n - a  < \varepsilon$	→	Переходите к Д4
Б. Для любого положительного $\varepsilon$ существует такой номер $N$ , что при всех $n > N$ выполнено неравенство $ x_n - a  < \varepsilon$	→	Переходите к Д5
В. Для некоторого положительного $\varepsilon$ существует такой номер $N$ , что при всех $n > N$ выполнено неравенство $ x_n - a  < \varepsilon$	→	Переходите к Д4
Г. Для любого положительного $\varepsilon$ и любого номера $N$ как только $n > N$ выполнено неравенство $ x_n - a  < \varepsilon$	→	Переходите к Д4

Д4. Это неверная формулировка, вернитесь к п. 2.

Д5. Это верно, переходите к следующему пункту (п. 3).

Диагностический комментарий. Здесь просто диагностируются знания студента. Это необходимо, чтобы студент сверил ранее записанную им формулировку с одной из приведенных. Ясно, что если у него формулировка была не-

верной, то дальнейшее продвижение в задаче невозможно. Не исключено, что у него записана формулировка, которая отличается от всех здесь приведенных. В этом случае он будет вынужден в конце концов познакомиться с правильной формулировкой. Зафиксированные компьютером метания студента служат важной информацией для преподавателя.

3. Вы отказались от использования критерия Коши, потому что:

А. Вы не понимаете его формулировку	→	Переходите к Д6
Б. Вы не научились его использовать для доказательства существования предела	→	Переходите к Д6
В. Вы считаете, что к данной последовательности критерий Коши нельзя применить из-за невыполнения требований, предъявляемых данной теоремой к последовательности	→	Переходите к Д7
Г. Решение с использованием критерия Коши возможно, но будет более громоздким, чем доказательство по определению	→	Переходите к Д8

Д6. После занятий обратитесь за консультацией к преподавателю. Переходите к следующему пункту (п. 4)

Д7. Ваше мнение неверно. Обратитесь за консультацией к преподавателю. Переходите к следующему пункту (п. 4)

Д8. На самом деле трудозатраты примерно одинаковы. Переходите к следующему пункту (п. 4), если хотите продолжить доказательство по определению, или к п. 9, если решите продолжить решение задачи с помощью критерия Коши.

Диагностический комментарий. Это первый пункт, требующий от студента рефлексии выполняемых им действий. Конечно, предвидеть, насколько честно будет дан ответ, нельзя. Однако практика показывает, что при доброжелательном отношении преподавателя студент быстро убеждается, что продуктивнее отвечать правдиво, и при последующих похождении подобных тестов отвечает в соответствии со своим восприятием положения дел.

4. В этом пункте по аналогии с пунктом 3 выстраивается диагностика по применению теоремы Вейерштрасса. Из соображений экономии места мы опускаем её описание.

5. В определении предела последовательности фигурирует число  $a$ . Вы считаете, что

А. Вам не потребуется знание этого числа	→	Переходите к Д12
Б. Вы подберете это число, проведя вычисление нескольких первых членов последовательности	→	Переходите к Д13
В. Вы должны вычислить это число каким-либо аналитическим способом	→	Переходите к Д14

Д12. Это неверно. Обдумайте ситуацию и вернитесь к п. 5.

Д13. Вряд ли Вам удастся это сделать. Вернитесь к п. 5.

Д14. Вы правы. Переходите к следующему пункту (п. 6)

Диагностический комментарий. Выбор пункта А означает, что студент не понимает определение предела и не умеет использовать его для доказательства существования предела. Выбор этого инструмента в п. 1 был сделан, скорее всего, наугад.

Выбор пункта Б означает, что студент в принципе понимает определение предела и имеет верное представление об его применении для доказательства существования. Однако отказ от аналитического подхода показывает недостаточность в приобретении студентом умений вычисления пределов.

Выбор пункта В вселяет оптимизм, который будет либо подтвержден последующим выполнением теста, либо продемонстрирует дефекты в знании методов вычисления пределов (в частности, неумение осуществить перенос этих методов с ранее разобранных задач на новую ситуацию).

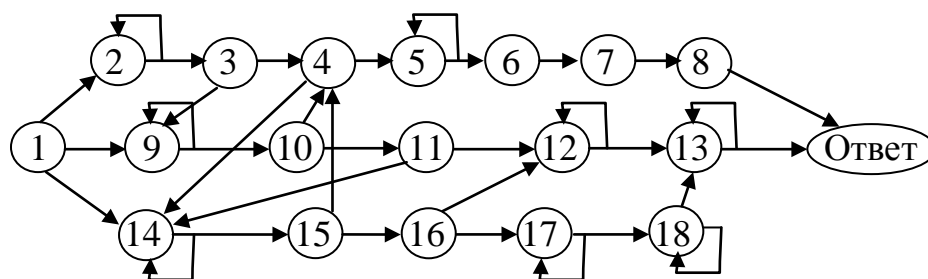


Рис.1. Структура обучающего теста по теме «Нахождение предела последовательности»

Мы не приводим описание дальнейшего развертывания данного теста, поскольку, как нам кажется, уже в том, что представлено, достаточно отчетливо виден потенциал использования обучающих тестов в качестве диагностическо-



го инструментария. На рисунке 1 представлена полная структура данного обучающего теста, позволяющая оценить его потенциал в целом с точки зрения диагностических возможностей.

Как видно из представленного графа, имеется достаточное разнообразие траекторий прохождения данного теста. Таким образом, прохождение обучающего теста дает возможность диагностировать уровень сформированности когнитивных компетенций студента, который определяется на основе конкретно выбранной им траектории прохождения теста.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гейн А.Г., Некрасов В.П. Математические модели формирования понятийных связей. Екатеринбург: УрТИСИ, 2011. 112 с.

2. Гейн А.Г., Некрасов В.П. Об одной модели метапредметных связей как механизме развития когнитивных компетенций выпускников вузов // Известия УрФУ. Сер. 1, «Проблемы образования и науки». 2013. № 1 (110). С. 87 – 95.

3. Gein A.G., Nekrasov V.P. Metacognitive Invariants as Psychological-Pedagogical Factors of Training // Universal Journal of Educational Research, Vol. 1, No 2 (2013), pp. 128 – 132.

4. Сеногноева Н.А. Технология конструирования тестов учебной деятельности как средства оценивания результатов обучения: Дис. ... д. пед. наук, 2006.